

**ВИКОРИСТАННЯ МАСООБМІННОЇ КОНЦЕПЦІЇ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РОЗМИВУ
РУСЛА НА ДІЛЯНКАХ ЙОГО ДЕФОРМАЦІЙ**

О. Ю. Зінчук, Р. А. Березій

студенти 3 курсу, груп ГТБ-21 та ГЕ-32, навчально-наукового інституту водного
господарства та природооблаштування

Наукові керівники – д.т.н. професор О. Є. Щодро,
к.т.н., доцент Л. А. Шинкарук

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Запропоновано нову концепцію місцевого розмиву русла біля берегів гірських річок і окремих типів річкових споруд. Вважається, що найбільші деформації пов'язані з діяльністю гвинтових течій за донними грядами. Запропоновано також ряд математичних моделей для швидкого і ефективного розрахунку кінематичних характеристик потоку і деформацій русла.

Ключові слова: розмив русла, гвинтові течії, характеристика деформації русла.

Предложена новая концепция местного размыва русла у берегов горных рек и отдельных типов речных сооружений. Полагается, что наибольшие деформации связаны с деятельностью винтовых течений за донными грядами. Предложен так же ряд математических моделей для быстрого и эффективного расчета кинематических характеристик потока и деформаций русла.

Ключевые слова: русло, размыв русла, винтовые течения, характеристика деформации русла.

The new conception is proposed for the local scouring mechanism of the river-bed near banks and hydraulic constructions. Mathematical models are also proposed for rapid and effective calculation of kinematical characteristics of the flow and the river-banks deformations.

Keywords: channel erosion, spiral flow, river-bed deformations characteristics.

Внаслідок деформацій русел гірських річок деякі об'єкти берегоукріплення після проходження паводків середньої сили пошкоджуються. Проходження цих паводків показало, що руйнування пов'язані в основному з місцевими розмивами берегів, причому найбільш небезпечні розмиви виникають внаслідок різкого наближення потоку до берегу (звалу на берег).

Актуальність роботи пов'язана з небувалими повеннями, розмивами і руйнуваннями, що мали місце в останні десятиліття в гірських регіонах усього світу і, зокрема, в Українських Карпатах. Глобальний характер набуває і тенденція до подальшого зростання нерівномірності стоку і максимальних витрат гірських річок. Така ситуація пов'язується звичайно із загальним потеплінням клімату по всій Земній кулі. Об'єктом дослідження є русловий потік, який переносить наноси і взаємодіє з донними відкладеннями. Предметом дослідження є процес місцевого розмиву незв'язного неоднорідного ґрунту, який

відбувається під впливом турбулентного потоку.

Мета роботи полягає у розробці методів практичного розрахунку місцевих розмивів з урахуванням динаміки турбулентного водного потоку і транспорту наносів.

Найбільші руйнування від паводків пов'язані як з місцевими, так і з загальними розмивами річкового ложа. Самі розмиви обумовлені особливостями структури потоку і течіями, створюваними русловими формами. Такі форми, у свою чергу, утворюються внаслідок взаємодії потоку з руслом. Тобто для прогнозу можливих руслових деформацій повинна бути розглянута модель взаємодії потоку, русла і наносів. Розглядаються три моделі такої взаємодії. Перша – формування випадково розташованих руслових форм, островів на ділянці русла після виходу потоку з гір. Друга – формування крупних донних гряд у прибережній зоні, там, де активно розмивається берег при наближенні потоку до нього. Третя – взаємодія потоку донних часток і наносів в області відривної течії за донною грядою. Насичені наносами паводкові потоки сходять з гір, на ділянках з меншими ухилами розширюються в межах річкової долини. Внаслідок зменшення швидкостей починається масове осадження наносів, утворюються острови, гряди, та інші руслові форми. Особливо інтенсивно осадження наносів відбувається на спаді паводків, коли суттєво зменшується транспортуюча здатність потоку внаслідок інтенсивного зменшення його швидкостей. З метою якісної і кількісної оцінки явища різкого наближення потоку до берега були виконані спеціальні модельні дослідження цього явища [1-3].

Попередньо розглядається типовий сценарій звалу потоку, який приводить до найбільш небезпечних деформацій дна. Такий звал описаний в роботах [1; 2]. Відзначається, що в умовах передгірських ділянок річок потоки натікають на перешкоди, відхиляються до берега та суттєво його розмивають. На ділянках повороту русла найбільш суттєво розмиваються увігнуті береги. На початку спаду витрат паводка і рівнів води, з перенесених потоком наносів формується крупна донна гряда, за якої формується стійка гвинтоподібна течія, яка істотно підсилює розмив.

На етапі теоретичних досліджень розглядалися задачі розрахунку полів мутності, а також інтенсивності та змиву донних відкладень. Для реалізації такої задачі нами пропонується нова модель на основі рішення системи диференціальних рівнянь, що описують процес відриву, перенесення і відкладення частинок ґрунту різної крупності (переважно для піщаних фракцій). Ця модель дозволяє отримати просторову картину розмивів або намивів дна біля споруди, з врахуванням відкладення наносів (рис. 1).

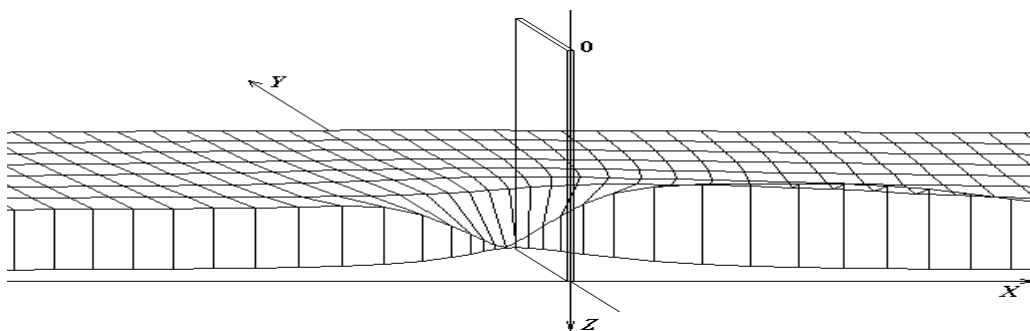


Рис. 1. Комп'ютерний розрахунок деформації річкового ложа біля схематичної глухої напівзагати

Постановка задачі та концептуальні положення. В основу цієї моделі покладено дифузійні рівняння, запропоновані В.М. Макавєєвим, які часто застосовуються для опису розподілу зважених часток у потоці. Розглядається тривимірна модельна задача в області, обмеженою горизонтальною площиною $z = 0$ (поверхнею рідини) і деякою вільною поверхнею, яка є дном, що розмивається. Рівняння (1) даної моделі доповнюється початковими і граничними умовами (2). Модель доповнюється також рівнянням (3), яке

виражає умови балансу маси донних наносів і ґрунту самого дна в околі границі розділу «дно-потік».

$L: z = l(x, y, t)$ – границя розділу рідини і дна:

$$\frac{d}{dx} \left(D \frac{dc}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left(D \frac{dc}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left(D \frac{dc}{dz} \right) - u \frac{dc}{dx} - v \frac{dc}{dy} - (w - w_0) \frac{dc}{dz} = \frac{dc}{dt}; \quad (1)$$

$$(x, y, z, 0) = 0,$$

$$\frac{dc}{dz} = 0 \text{ при умові } z = 0, \quad (2)$$

$$c = c^* \text{ при умові } z = l(x, y, t),$$

$$D(x, y, z, t) \frac{dc}{dz} - (w(x, y, z, t) - w_0) c = c^* \frac{dl}{dt} \text{ при умові } z = l(x, y, t), \quad (3)$$

$$l(x, y, 0) = l_0,$$

де $c(x, y, z, t)$ – концентрація часток у точці (x, y, z) у момент часу t ,

$u(x, y, z, t)$, $v(x, y, z, t)$ – компоненти вектора осередненої швидкості потоку,

w_0 – швидкість осідання частинок або їх гідравлічна крупність,

$l(x, y, t)$ – невідома функція, яка характеризує положення L в даний момент часу, $l > 0$. $D = D(x, y, z, t)$ – коефіцієнт, пов'язаний з інтенсивністю проникнення частинок ґрунту в рідину (умовний коефіцієнт дифузії).

Для визначення значень цього коефіцієнта побудовано залежності його від усередненої швидкості потоку і від діаметра частинок ґрунту. Принциповий підхід до розв'язку аналогічної задачі за умови переваги конвекційних членів рівняння (1) над дифузійними розглянуто С.В. Барановським [4].

У роботі розглядається і аналізується модель відриву і руху одиночної наносної частинки, що лежить в початковий момент часу на дні потоку. Ця модель дозволяє теоретично, за допомогою імітаційного моделювання визначати критичні значення нерозмивних швидкостей, відповідних певній ймовірності відриву частинки за даний проміжок часу, а також простежити осереднені траєкторії частинки заданого діаметра.

Для неоднорідних ґрунтів, характерних для гірських річок, зазначена модель дає можливість врахувати утворення або зрив самовідмостки – поверхневого шару більш крупних часток, які прикривають розташований нижче ґрунт. При цьому розмив розглядається як процес у часі при якому враховуються такі чинники:

- надходження транзитних наносів у воронку розмиву;
- переробка і зміна механічного складу ґрунту поверхневого шару на дні ями;
- зміна осереднених швидкостей та рівня їх пульсацій в міру збільшення глибини розмиву.

Відомо, що в боротьбі зі стихійними паводками передбачається вирощування лісових насаджень, яке вимагає багато часу і коштів для його реалізації на великих територіях, і тому це необхідно робити поступово, планомірно і безперервно. Іншим шляхом зменшення розмірів паводків є регулювання водного стоку в водосховищах, що вимагає будівництва високих і дорогих гребель. При цьому можуть виключатися з обороту сільськогосподарські

угіддя, а в нижніх б'єфах позникають небажані руслові процеси, які пов'язані з пониженням русла річки завдяки його загальному розмиву.

Тому в даний час найбільш поширеним і оперативним методом боротьби з паводками на річках Українських Карпат є регулювання їх русел за допомогою регуляційних гідротехнічних споруд без зміни річкового стоку води. У цьому контексті нами розроблені нові принципові рішення до захисту берегів і побудованих поблизу споруд від розмиву. Запропоновано нові конструкції регуляційних споруд [5]. Найбільш ефективними з активного впливу на потік і збудженню в ньому корисної циркуляції, що сприяє занесенню берегової зони донними наносами, є низькі затоплювані напівзагати, успішно працюючі в Карпатському регіоні (рис. 2).



Рис. 2. Система низьких затоплюваних напівзагат на увігнутому березі карпатської річки для боротьби зі звальними течіями і розмивами.

Висновки. У наш час регулювання русел річок Українських Карпат носить локальний, аварійний характер, коли захисні роботи ведуться на невеликих ділянках річок без достатнього врахування впливу їх на вище і нижче розташовані ділянки ріки. Регуляційна траса річки часто не відповідає умовам стійкості русла і тому не виключає можливості блукання русла і обвалу до одного з берегів річки, що призводить до руйнування об'єктів, які захищаються. У даній роботі запропонована нова концепція місцевого розмиву річкового ложа, що дозволяє визначати параметри розмиву, які відповідають їх натурним значенням. Запропонований цілий ряд принципових і конструктивних рішень по регулюванню русел гірських річок на їх передгірних ділянках за допомогою регуляційних гідротехнічних споруд.

Список використаних джерел:

1. Щодро А. Е. Новая концепция местного размыва у берегов и речных гидротехнических сооружений / А. Е. Щодро // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : збірник наукових праць УДАВГ. – Вип. 4(40). Ч. 2. – Рівне, 2007 – С. 198–205.
2. Щодро О. Є. Дослідження звальних течій та транспортування наносів на гідравлічній моделі / Щодро О. Є., Пацелюк В. Г., Фесун А. В. // Збірник наукових статей «Вісник Рівненського державного технічного університету». – Рівне, 2000. – С. 99–103. Вип. 2(4).
3. Катастрофічні розмиви, пов'язані зі звальними течіями, та їх зв'язок з геоморфологією / О. Є. Щодро, Л. А. Шинкарук, В. М. Корбутяк, В. М. Шитов // Науково-технічний збірник НТУ Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Вип. 72. – К., 2004. – С. 186–193.
4. Щодро О. Є. Розрахунки деформації однорідного ґрунту біля гідротехнічних споруд з використанням дифузійної моделі розмиву і методу квазіспектральних многочленів / О. Є. Щодро, П. С. Янчук, С. В. Барановський // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Технології в машинобудуванні. – Вип. 129, частина. 1. – Харків, 2001. – С. 297–307.
5. Щодро О. Є. Нове у захисті мостових опор / О. Є. Щодро, Л. А. Шинкарук, С. В. Барановський // Водне господарство України. – № 2. – 1999. – С. 34–36.
6. Щодро О. Є. Дослідження роботи низьких затоплюваних напівзагат на прямо- і криволінійних ділянках гірських річок / О. Є. Щодро, О. П. Напримерова, В. М. Шитов // Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. – Вип. 4 (40). – Рівне : НУВГП, 2007. – С. 206–212.